

Aus der kieferorthopädischen Abteilung
(Leiter: Priv.-Doz. Dr. K. Nawrath)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Professor Dr. F. Jung)
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz

Die Relation zwischen Schneidezahn- und seitlichen Ersatzzahnbreiten

vorgelegt von
Isolde Berendonk

Mainz 1965

Aus der kieferorthopädischen Abteilung
(Leiter: Priv.-Doz. Dr. K. Nawrath)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
(Direktor: Professor Dr. F. Jung)
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz

Die Relation zwischen Schneidezahn- und seitlichen Ersatzzahnbreiten

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde des Doktors der Zahnmedizin
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität
Mainz

vorgelegt von
Isolde Berendonk
Zahnärztin aus Oberhausen

Mainz 1965

Dekan: Prof.Dr.G.Korting

Referent: Priv.-Doz. Dr.K.Nawrath

Korreferent: Prof.Dr.F. Jung

Tag der mündlichen Prüfung: 16.7.1965

Inhaltsübersicht

	Seite
Einleitung: Erläuterung des Themas und Übersicht über bisherige Meßverfahren.	5
Eigene Untersuchungen	16
Statistische Auswertung	22
Diskussion der Ergebnisse	36
Zusammenfassung	41
Schrifttum	44



Einleitung

Das menschliche Gebiß erfährt während der zweiten Dentition eine Reihe auffälliger Veränderungen. Dazu gehört die Umformung der Zahnbögen von der für das Milchgebiß typischen Halbkreisform zur mehr elliptischen bzw. parabelförmigen Anordnung der Ersatz- und Zuwachszähne.

Als erster Zuwachszahn erscheint im Regelfalle der 1. Molar, wegen seines zeitlichen Durchbruchs auch Sechsjahrmolar genannt. Von seiner richtigen Position und der natürlichen Verschlüsselung mit dem gleichnamigen Zahn des Gegenkiefers hängt sehr viel für die weitere Entwicklung der Zahnreihen ab. Im anterioren Abschnitt wechseln zu fast gleicher Zeit zuerst die zentralen und die lateralen Incisivi. Zwischen dem anterioren Schneidezahngebiet und dem posterioren Molarenbezirk vollzieht sich im Zeitraum von etwa 4 bis 5 Jahren der Durchbruch der seitlichen Ersatzzähne. Während dieser Zeit ist der regelrechte Ablauf der Dentition von mancherlei Gefahren bedroht. Eine der am häufigsten auftretenden Gefahren ist die Raumeinengung des seitlichen Zahnbogenabschnitts, in den der permanente Eckzahn und zwei Prämolaren einen ihrer Breite entsprechenden Raum beanspruchen. Der Raumverlust erfolgt hauptsächlich durch unphysiologische Zahnwanderungen im anterioren und posterioren Abschnitt nach kariösem Zerfall oder irregulärer Resorption der

abstützenden Milchzähne. Jeder Raumverlust kann zu Retentionen oder Dislokationen der seitlichen Ersatzzähne führen und damit die Kauleistung und die Lebensdauer des gesamten Gebisses beträchtlich herabsetzen. Dem kieferorthopädisch tätigen Zahnarzt erwächst die Aufgabe, den Raumverlust rechtzeitig zu erkennen. Dies setzt voraus, daß der Raumbedarf von drei, meist noch in der Entwicklung befindlichen Zähnen abgeschätzt werden kann. Die unzulänglichen Möglichkeiten einer solchen Schätzung gaben Anlaß zu dieser Arbeit, in der u. a. die Abhängigkeit des Raumbedarfs vom Breitenmaß der Incisivi (SI) untersucht werden soll.

In der Zahnheilkunde bedeutet die Abkürzung SI (Summe der Incisivi) die Breitensumme der vier Schneidezähne des Ober - oder Unterkiefers in Millimetergröße. Sie wird mit dem Lineal, einem Steckzirkel oder einer Schublehre im Munde direkt oder nach Herstellung eines Kieferabgusses an der größten Zirkumferenz jedes der vier Schneidezähne bestimmt und dient dem Zweck, die normale Breite und Länge des Zahnbogens zu ermitteln. In der Kieferorthopädie ist die Konstruktion des normalen Zahnbogens ein wichtiger Schritt zur Diagnose und der sich hieraus ableitenden Therapie.

Während vor der Jahrhundertwende die orthodontische Befunderhebung (Kneisel 1836, Welcker 1862 und Isz-lai 1891) vornehmlich auf die Dislokation der Zähne beschränkt blieb, haben sich Hawley⁽⁹⁾ 1904, Herber⁽¹⁰⁾ 1907 und Herbst⁽¹¹⁾ 1907 eingehender mit dem Zahnbo-genverlauf beschäftigt. Die mehr oder weniger will-kürlichen Betrachtungen über die Anordnung aller bleibenden Zähne haben jedoch nur theoretisches In-teresse, weil sie auf das jugendliche Gebiß nicht an-wendbar sind. Dagegen hatten die Untersuchungen von Campion 1906, Pont 1907, Williams 1917, Carrea 1922 und Oliveira 1930 (zit. nach Korkhaus⁽¹⁶⁾), die eine Be-ziehung zwischen Zahngröße und Zahnbogengröße such-ten, größere praktische Bedeutung. Insbesondere hat sich der Schneidezahnbreiten - Zahnbogenbreitenindex nach Pont⁽²³⁾ über 50 Jahre hinweg als einfaches und

brauchbares Befunderhebungsmittel bewährt.

Der Pont'sche Index beruht auf der durch biometrische Untersuchungen an Schädeln von Südfranzosen festgestellten Beziehung zwischen der Breitensumme der vier oberen Incisivi (SI) und der vorderen Zahnbogenbreite (Abstand der ersten Prämolaren) oder der hinteren Zahnbogenbreite (Abstand der ersten Molaren).

Der Index lautet:

$$\text{Prämolarenindex} = \frac{\text{SI} \times 100}{\text{vordere Zahnbogenbreite}} = 80$$

$$\text{Molarenindex} = \frac{\text{SI} \times 100}{\text{hintere Zahnbogenbreite}} = 64$$

Im Laufe der Jahre hat der Pont'sche Index einige Berichtigungen und Ergänzungen erfahren. U.a. hat Tonn⁽²⁹⁾ an 50 normalen Gebissen zwischen SI des Oberkiefers und SI des Unterkiefers eine Relation von 1 : 0,74 festgestellt. Auf Veranlassung von Jung⁽¹²⁾ kontrollierten Hanuschke⁽⁷⁾ und Birkenhoven⁽²⁾ die von Tonn errechneten Werte an einer größeren Patientenzahl und kamen zu dem übereinstimmenden Ergebnis einer durchschnittlichen Verhältniszahl von 1 : 0,73. Linder⁽¹⁹⁾ und Harth⁽⁸⁾ fanden die bei breitgesichtigen Südfranzosen ermittelten Werte zu groß und variierten sie nach dem Index

$$\text{vordere Zahnbogenbreite} = \frac{\text{SI} \times 100}{85}$$

$$\text{hintere Zahnbogenbreite} = \frac{\text{SI} \times 100}{65}$$

Als Meßpunkte gelten bei den Prämolaren der Kreuz-

zungspunkt zwischen mesio - distaler Fissur und der Verbindungslinie zwischen bukkaler und palatinaler Höckerspitze, bei den ersten Milchmolaren, den Vorgängern der Prämolaren, etwa das Zentrum der okklusalen Fläche und bei den ersten Molaren der Scheitelpunkt des rechtwinkligen Fissurenverlaufes von mesial nach bukkal. Im Unterkiefer liegen die korrespondierenden Punkte in terminaler Okklusion an den bukkalen Punkten der Kontaktflächen zwischen dem ersten und zweiten Prä- oder Milchmolaren und an der Höckerspitze des medio - bukkalen Höckers der ersten Molaren.

Durch spätere Untersuchungen gelang Korkhaus⁽¹⁸⁾ die Erweiterung des Index zur Bestimmung der Zahnbogenlänge, die in Abhängigkeit zur Schneidezahnbreite steht und von der Labialfläche der zentralen Incisivi bis zur Verbindungslinie der Prämolarenmeßpunkte etwa $\frac{SI}{2} + 2$ mm beträgt. Auf Grund der Ergebnisse entstand das außerordentlich praktische und wohl heute noch am meisten verwendete Orthometer nach Korkhaus⁽¹⁷⁾, an dem mit Hilfe einer drehbaren Zwischenscheibe nach Einstellung des gemessenen oberen SI - Wertes der biometrische Normwert der vorderen und hinteren Zahnbogenbreite sowie die Zahnbogenlänge unmittelbar abzulesen sind.

Der Pont'sche Index hat durch Kantorowicz⁽¹³⁾,

Rethmann⁽²⁶⁾ und Nawrath⁽²¹⁾ weitere Ergänzungen erfahren, die für die Konstruktion des normalen Zahnbogens praktische Bedeutung haben. Die kieferorthopädische Befunderhebung ist zwar über die alleinige Bestimmung des Zahnbogens hinausgewachsen, die jedoch zur elementaren Aufgliederung transversaler und sagittaler Dysgnathien gehört. Die Orientierung in der transversalen Dimension in Anlehnung an den Pont'schen Index ist dank einer zuverlässigen Bezugsebene, nämlich der Raphemedianebene, möglich. Diese entspricht der sagittalen Körperebene. Bei der Bestimmung der Zahnbogenlänge erwachsen mitunter erhebliche Schwierigkeiten, weil hier der zuverlässige Bezugspunkt immer dann fehlt, wenn Stellungsfehler der als " Fixpunkte " auserwählten Zähne vorliegen. Zwar hilft die nach Grünberg⁽⁴⁾ bezeichnete " Rekonstruktion " des Zahnbogens oder der von Körbitz⁽¹⁵⁾ eingeführte sagittale " Symmetrievergleich ", aber nur dann, wenn die rechte oder linke Seite des Zahnbogens als normal verlaufend anzusehen ist. Für beidseitige Unstimmigkeiten der sagittalen Dimension versagen alle auf den Zahnbogen beschränkten Methoden, so daß gesichts - und schädelbezügliche Untersuchungsverfahren Anwendung finden müssen.

Sagittale Abweichungen des Zahnbogenverlaufs ergeben sich als Folge erblicher und umweltbedingter Einflüsse. In der Mehrzahl der Fälle treten sie

durch eine Zahnbogenverkürzung nach Einbruch der sogenannten Stützzone auf. Die Stützzone erstreckt sich vom Milcheckzahn bis zum zweiten Milchmolaren. Dem Schrifttum ist nicht zu entnehmen, wer den Begriff in die Terminologie eingeführt hat. Bereits Angle⁽¹⁾ erwähnt die Bedeutung der Milchzähne für die normale Entwicklung des Zahnbogens. Seitdem wurde der abstützenden Funktion der Milchzähne während der zweiten Dentition für die Höhen- und Längenentwicklung des Gebisses große Bedeutung beigemessen. Unter der Voraussetzung der integeren Erhaltung der Stützzone bis zum Durchbruch der Ersatzzähne dient sie neben der Aufbereitung der Nahrung auch der Stabilisierung der Bißhöhe und der regelrechten Einstellung der permanenten Zähne im anterioren und posterioren Gebißabschnitt. Hier finden der Sechsjahrmolar an der distalen Fläche des zweiten Milchmolaren und der laterale Incisivus an der Mesialfläche des Milcheckzahnes ihre entwicklungsbedingten Positionen.

Ganz anders verläuft die Entwicklung bei Einbruch und Verlust der Stützzone, die in erster Linie durch Kariesbefall, in einigen Fällen auch durch unterminierende Resorption der Milchzähne verursacht werden. Jeder Stützzoneneinbruch in mesio - distaler und vertikaler Ausdehnung führt zur Einengung des Raumes, der für die permanenten Eckzähne und Prämolaren erforderlich ist.

Bei einer Zusammenfassung der Bedeutung der Stützzone für die Entwicklung des Gebisses, wie sie in den Lehr- und Handbüchern von Häupl⁽⁵⁾, Korkhaus⁽¹⁶⁾, Reichenbach/Brückl⁽²⁵⁾ und A.M. Schwarz⁽²⁷⁾ übereinstimmend gewürdigt wird, sind

1. die das allgemeine Kieferwachstum stimulierende Kaufunktion,
2. die Funktion als Platzhalter für die permanenten Eckzähne und Prämolaren und
3. der Einfluß auf den Zahnwechsel

zu nennen.

In Anbetracht der allgemein anerkannten Auffassungen kann hier auf ein näheres Eingehen auf die Zusammenhänge verzichtet werden. Wichtiger erscheint die Hervorhebung der Folgezustände eines vorzeitigen Stützzoneneinbruchs oder totalen Verlustes der Abstützung. Den genannten Aufgaben der Stützzone entsprechend erstrecken sich die Folgen bei ihrer Zerstörung auf

1. die Minderung des Kieferwachstums,
2. die Einengung des für die Ersatzzähne erforderlichen Raumes und
3. den irregulären Durchbruch innerhalb des eingeengten Raumes.

Auch hier genügt der Hinweis auf die Wachstumshemmung im anterioren Kieferabschnitt, den Eng- und Preßstand der Seitenzähne, die Dislokation der Eckzähne in bukkaler oder oraler Richtung, den Lingualstand oberer und unterer Prämolaren und den Mesialstand

der 1. Molaren.

Alle genannten Stellungsfehler schwächen die mastikatorische Leistung des Gebisses, erschweren die physiologische und artefizielle Mundhygiene, erhöhen die Kariesgefahr und sind als prädisponierende Faktoren parodontaler Affektionen zu bewerten. Daß in vielen Fällen auch physiognomische Beeinträchtigungen und damit für die Psyche des Patienten nachteilige Wirkungen eintreten können, sei nur beiläufig erwähnt.

Im Vordergrund steht die Frage, wie groß die Zahl der Patienten ist, bei denen als alleinige oder begleitende Ursache ein eindeutig exogener Faktor, nämlich die fehlende Abstützung, festgestellt wird. Die Beantwortung der Frage beansprucht allgemeines Interesse, weil ihr besondere Hinweise zu entnehmen sind. Zunächst wirft die Feststellung unversehrter Milchzahnabschnitte ein untrügliches Schlaglicht auf Zahngesundheit, Kautüchtigkeit, Aufgeschlossenheit für Gebißprophylaxe, Verständnis für Zahnpflege und Zahnbehandlung des kleinen und schulpflichtigen Kindes. So wie die gegenteilige Wahrnehmung die Anzeichen von Zahnkrankheiten und ihren Gefahren vermehren, wachsen die organisatorischen Aufgaben aller Verantwortlichen. Darüber hinaus entstehen klare Vorstellungen für Teilaufgaben der kiefer-orthopädischen Therapie.

Hierunter fällt die Sorge, jede versehrte Stützzone zu erkennen und bei auftretender Gefahr des Raumverlustes nach Ausschöpfung konservativer Maßnahmen mit kieferorthopädischen Mitteln die Abstützung herbeizuführen oder im Falle der bereits erfolgten Einengung den Raum in sagittaler Richtung zu erweitern. Die Prophylaxe der regelrechten Gebißenentwicklung erfordert also die gründliche Kontrolle der Stützzone und korrigierende Maßnahmen bei verlorengegangener Integrität. Damit ist auch die Feststellung des Normalen und Abnormen in diesem Gebißenabschnitt ein wichtiger Teil der kieferorthopädischen Befunderhebung. Ebenso wichtig ist aber auch die Festlegung des erforderlichen Raumes für die permanenten Eckzähne und Prämolaren, deren Breiten von denen ihrer Vorgänger z. T. erheblich abweichen.

Wohl lassen sich die genannten Zähne durch den Röntgenbefund in Anlage, Mineralisation und Durchbruchrichtung gut kontrollieren, eine exakte, bis zu einem halben Millimeter reichende Meßgenauigkeit ist jedoch vor dem Durchbruch nicht gewährleistet.

Nach der Empfehlung von A.M. Schwarz⁽²⁸⁾ kann für die Ersatzzähne des Seitenzahngebietes ein Mittelwert von 22 mm angenommen werden. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß dieser Wert in vielen Fällen zu klein, in anderen Fällen wieder zu groß ist.

Mir wurde deshalb die Anregung gegeben, an einer größeren Zahl kieferorthopädisch behandelter Patienten

die Stützzonen zu untersuchen und gleichzeitig den Raumbedarf für die Ersatzzähne festzustellen. Ebenso sollte versucht werden, in Anlehnung an den Pont'schen Index eine Relation zwischen den Breiten der Schneidezähne und der seitlichen Ersatzzähne zu finden.

Für die Abhandlung des Themas bestanden zwei Aufgaben:

1. Die Untersuchung der Stützzone bei einer größeren Zahl von Kindern, die an der kieferorthopädischen Abteilung der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Mainz behandelt werden und
2. die Aufhellung der Frage, mit welcher Genauigkeit der für die Ersatzzähne erforderliche Raum schon vor ihrem Durchbruch ermittelt werden kann.

Untersuchungen

1. Aufgabe

Zur Lösung der 1. Aufgabe wurden die Kieferabgüsse von eintausend Kindern im Alter von 6 - 14 Jahren untersucht. Die Aufteilung nach Mädchen und Jungen ergab 582 weibliche und 418 männliche Patienten. Bei der Untersuchung wurde mit Hilfe einer Schublehre registriert

- a. die unversehrte Stützzone,
- b. die durch Karies versehrte, aber nicht eingebrochene Stützzone und
- c. die durch Karies oder vorzeitigen Verlust der Milchzähne eingebrochene Stützzone.

Das Ergebnis der Untersuchung ist in Tabelle 1 zu sammengestellt.

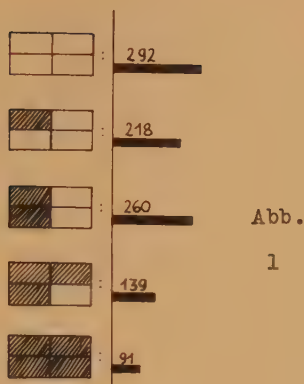
Tabelle 1

Anzahl der Patienten	6	7	8	9	10	11	12	13	14	14 Jahre
unversehrte St. 143	5	26	38	35	20	11	1	4	2	1
versehrte St. 149	2	10	22	23	27	22	17	15	7	4
eingebrochene St.708	6	62	152	148	124	88	59	42	11	16
Gesamtzahl der Pat. 1000	13	98	212	206	171	121	77	61	20	21

Eine Übersicht vermittelt die Kreiszeichnung (Abb.1) mit den Zahlen : 143 unversehrte, 149 versehrte und 708 eingebrochene Stützzone. Der mit schwarzer Farbe markierte und der gepunktete Kreisausschnitt kennzeichnen den starken Kariesbefall jugendlicher Patienten (857 von 1000).



Stützzone bei 1000 Pat.



Ebenso auffallend ist die große Zahl der bereits eingebrochenen Stützzone (708 von 1000), die auf vier Kieferabschnitte verteilt eine Aufgliederung ergibt, wie sie in Tabelle 2 und Übersichtsbild (Abb.1) aufgezeichnet ist.

Tabelle 2

Anzahl der Patienten mit Stützzoneeinbruch in	<7	7	8	9	10	11	12	13	14	>14 Jahre
1 Kieferabschnitt : 218	2	19	59	57	33	24	13	6	2	3
2 Kieferabschnitten: 260	3	25	56	54	43	30	21	17	4	7
3 Kieferabschnitten: 139	1	14	27	24	30	19	13	6	2	3
4 Kieferabschnitten: 91	-	4	10	13	18	15	12	13	3	3
Gesamtzahl der Pat.: 708	6	62	152	148	124	88	59	42	11	16

Neben der Aufteilung nach physiologischen und pathologischen Gegebenheiten erfolgte auch die metrische Feststellung der Stützzone, die eine Genauigkeit bis zu 0,5 mm gewährleistet. Die Maße betragen, wie die Säulenzzeichnung (Abb.2) erkennen läßt, 16 - 24 mm. Die höchste Säule betrifft die Kieferabschnitte mit einer Stützzone von 22 mm, dem von A.M.Schwarz angegebenen Mittelwert für die

Breite eines Eckzahnes (8 mm) und zweier Prämolaren (2 x 7 mm).

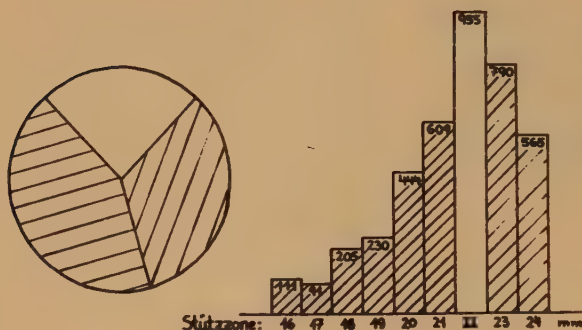


Abb.

2

Für die erste diagnostische Orientierung ist dieser Mittelwert eine nützliche Hilfe, als letzte therapeutische Konsequenz ist er jedoch nur bedingt zu verwenden, weil, wie schon eingangs erwähnt, der Raumbedarf der Ersatzzähne in vielen Fällen kleiner, aber auch größer ist. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Größe von 1 - 2 mm plus oder minus für die regelrechte und gesicherte Okklusion im Seitengebiet von Bedeutung ist, erscheint der Wunsch berechtigt, neben dem Mittelwert einen möglichst genauen individuellen Maßstab für die Breite der seitlichen Ersatzzähne zu erfahren. Ausgehend von den Breiten der Schneidezähne, die schon in der ersten Phase der zweiten Dentition im Alter von 7 - 8 Jahren in der Mundhöhle stehen und die Relation der Breite und Länge des Zahnbogens bestimmen, lag es nahe, die zweite Aufgabe mit Hilfe des Breitenmasses dieser Zähne durchzuführen.

2. Aufgabe

Um Vergleichswerte der Schneidezahnbreiten und der permanenten Eckzähne und Prämolaren zu finden, mußten die zu untersuchenden Kieferabgüsse einen lückenlosen Zahnbestand nach erfolgtem Zahnwechsel aufweisen. Es mußten also Abgüsse älterer Kinder gewählt werden. Die Zahl von 180 männlichen und weiblichen Patienten im Alter von 10 - 16 Jahren erschien ausreichend. Es kam zunächst darauf an, Gruppen mit unterschiedlicher Schneidezahnbreite zusammenzustellen. Nachdem in der Voruntersuchung alle Fälle ausgeschieden worden waren, bei denen zwischen der SI im Ober- und Unterkiefer das von Tonn⁽²⁸⁾ (1 : 0,74) und Birkenhoven⁽²⁾ und Hanuschke⁽⁷⁾ (1 : 0,73) ermittelte Verhältnis nicht bestand, verblieben 9 Gruppen zu je 20 Kieferabgüssen mit der SI von 28 - 36 mm.

Die Messungen der einzelnen Zahnbreiten wurden mit einer Schublehre durchgeführt. Dieses Instrument hat zwei spitze Meßschneiden, von denen die eine unbeweglich mit dem Null-Punkt des auf ihr senkrecht stehenden Meßbalkens verbunden ist. Die andere Meßschneide gleitet parallel zur ersten auf dem Meßbalken entlang und ermöglicht mit Hilfe eines Nonius das genaue Ablesen des Abstandes bis auf 1/10 mm. Mit den Schneiden kann man, sie parallel zur Längsachse des Zahnes einsetzend, gut zwischen die einzelnen Zähne gelangen. Da die größte Zahnbreite in mesio-distaler Richtung von den Kontaktpunkten

begrenzt wird, wurde bei den Seitenzähnen von labial bzw. bukkal gemessen, zur Kontrolle aber auch von der Kaufläche oder von lingual bzw. palatinal. Tonn⁽²⁹⁾ führte seine Messungen mit dem gleichen Gerät durch und stellte bei einem Vergleich seiner ermittelten Durchschnittswerte mit denen von de Jonge Cohen (an einer großen Zahl extrahierter Zähne gewonnen) fest, "daß die Messungen an Gipsmodellen nur einen geringen Fehler zeitigen können gegenüber den anatomischen Messungen des einzelnen Zahnes".

Neben der Breite der Schneidezähne des Oberkiefers wurde die Breite der Eckzähne und Prämolaren auf beiden Seiten im Ober- und Unterkiefer festgestellt. Ein Vergleich der Breitensummen beider Seiten bei jedem einzelnen Patienten zeigte jeweils eine gleichmäßige Breitenzu- oder -abnahme. Daher wurde das arithmetische Mittel errechnet und die Werte in Tabelle 3 zusammengestellt.

26,7	1	19,45	3	19,25	28,6	2	21,20	3	20,65	1	29,7	2	20,45	3	21,70	1	30,5	2	21,10	3	20,75	1	31,5	2	21,55	3	20,90
26,9		19,15		19,15	28,8		20,85		20,40		29,7		20,30		19,80		30,6		22,55		22,00		31,7		21,25		20,65
27,0		20,25		19,05	29,0		20,55		20,20		29,8		21,00		21,10		30,6		22,60		21,55		31,7		22,50		21,50
27,2		20,40		19,70	29,1		20,35		19,80		29,9		20,40		19,90		30,7		21,30		21,10		31,8		21,95		22,05
27,3		20,55		20,10	29,2		20,35		19,65		29,9		20,60		20,25		30,8		22,15		21,55		31,9		21,80		20,85
27,5		20,05		19,30	29,3		20,50		20,45		29,9		21,30		19,35		30,9		20,95		19,75		31,9		22,25		21,75
27,8		19,95		20,05	29,4		20,05		19,50		29,9		19,05		18,55		30,9		22,05		20,90		31,9		23,30		22,05
27,9		20,15		18,95	29,5		20,10		19,70		30,0		21,40		20,55		31,0		20,90		20,35		32,0		21,80		21,45
27,9		20,30		19,55	29,6		20,10		19,30		30,0		21,65		20,85		31,1		22,30		22,45		32,0		22,45		21,40
28,0		20,55		20,85	29,7		21,50		20,10		30,1		20,10		19,40		31,2		22,10		21,25		32,0		23,20		22,80
28,1		20,40		19,65	29,8		19,90		19,75		30,1		20,70		20,35		31,2		21,10		21,50		32,1		22,85		22,10
28,2		21,55		20,15	29,9		21,45		20,00		30,1		21,65		21,50		31,2		21,50		21,20		32,1		23,05		22,20
28,3		20,20		18,95	29,9		20,25		19,15		30,2		21,00		20,50		31,2		22,45		21,45		32,1		22,10		21,30
28,4		21,05		20,60	29,9		20,50		19,90		30,2		21,70		21,65		31,2		21,35		20,60		32,2		22,45		21,95
28,5		21,20		19,65	29,9		21,55		21,25		30,3		21,85		21,85		31,2		22,45		21,05		32,2		21,35		20,45
28,5		21,40		20,25	29,9		20,50		19,65		30,3		21,65		21,55		31,3		22,00		21,20		32,2		23,20		22,70
28,5		20,65		19,30	29,9		20,10		19,45		30,3		21,50		20,60		31,3		21,70		20,95		32,4		21,85		21,45
28,5		20,80		21,15	29,9		20,45		20,40		30,5		22,10		21,70		31,4		22,20		21,30		32,4		21,20		20,80
28,6		19,85		19,45	29,9		21,95		21,65		30,5		21,60		20,15		31,4		21,90		22,60		32,4		21,30		20,20
28,6		22,90		22,55	29,9		20,90		19,90		30,5		21,65		21,25		31,5		20,70		20,05		32,4		22,70		21,70

Tabelle 3

Meßwerte der
OK-Schneidezahnbreiten

Spalte 1

Breite von 3 4 5

Spalte 2

Breite von 3 4 5

Spalte 3

32,6	6	22,70	3	21,35	33,6	6	21,05	3	21,65	35,6	6	23,35	3	22,80	35,6	6	23,00	3	23,00	37,6	6	23,75	3	23,20	37,6	6	23,20
32,7		22,90		21,85	33,7		23,20		22,60	35,7		23,55		22,45	35,7		22,75		22,75	37,7		24,35		23,30	37,7		23,30
32,9		23,10		22,05	33,7		23,45		22,80	35,8		24,05		24,85	35,8		24,95		24,35	37,8		24,30		24,40	37,8		24,40
33,0		22,80		22,25	33,8		22,15		21,70	35,9		23,50		23,30	35,9		23,30		23,05	37,9		23,05		23,30	37,9		23,30
33,1		21,95		21,05	33,8		22,75		21,50	36,0		23,15		23,35	36,0		22,35		22,75	37,9		22,75		23,15	37,9		23,15
33,2		22,90		22,25	33,9		23,55		22,05	36,1		23,85		23,40	36,1		22,95		23,35	37,9		23,35		23,30	37,9		23,30
33,3		22,90		21,45	33,9		23,10		22,40	36,2		24,35		23,85	36,2		22,95		23,85	37,9		24,40		23,65	37,9		23,65
33,3		22,90		21,55	33,9		23,00		22,60	36,2		24,35		23,85	36,2		22,95		23,85	37,9		24,40		23,65	37,9		23,65
33,4		22,10		21,90	34,0		23,50		23,50	36,3		22,45		23,55	36,3		23,55		24,20	37,9		24,20		23,30	37,9		23,30
33,4		22,95		22,70	34,0		22,60		23,35	36,3		22,45		23,55	36,3		23,55		24,20	37,9		24,20		23,30	37,9		23,30
33,5		22,25		22,80	34,0		22,85		23,15	36,4		23,75		24,30	36,4		22,90		22,40	37,9		22,40		23,30	37,9		23,30
33,5		23,00		23,00	34,1		23,10		23,10	36,4		23,75		24,30	36,4		22,90		22,40	37,9		22,40		23,30	37,9		23,30
33,5		23,50		23,00	34,1		23,10		23,10	36,4		23,75		24,30	36,4		22,90		22,40	37,9		22,40		23,30	37,9		23,30
33,5		22,10		22,80	34,1		24,85		22,70	36,6		24,15		23,55	36,6		23,80		23,85	37,9		23,85		23,30	37,9		23,30
33,5		23,15		22,70	34,2		23,60		22,80	36,6		22,80		23,90	36,6		23,70		23,70	37,9		23,70		23,30	37,9		23,30
33,5		21,05		21,05	34,2		23,60		22,55	36,9		22,55		22,50	36,9		24,20		23,30	37,9		23,30		23,30	37,9		23,30
33,5		21,85		22,90	34,3		22,50		23,00	36,9		22,90		22,45	36,9		23,85		23,10	37,9		23,10		23,30	37,9		23,30
33,5		23,85		23,00	34,3		22,50		23,00	37,1		22,65		22,15	37,1		23,65		23,65	37,9		23,65		23,30	37,9		23,30
33,5		23,20		23,00	34,3		24,55		23,30	37,1		22,65		22,15	37,1		23,65		23,65	37,9		23,65		23,30	37,9		23,30
33,5		23,20		23,00	34,3		24,55		23,30	37,1		22,65		22,15	37,1		23,65		23,65	37,9		23,65		23,30	37,9		23,30

Statistische Auswertung

1. Folgende Formeln wurden zur Beschreibung der Werte angewandt:

Durchschnittlicher x-Wert : $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

Durchschnittlicher y-Wert analog x

$$\text{Varianz von x : } S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}{n-1} = \frac{S_{xx}}{n-1}$$

Varianz von y analog x

$$\text{Standardabweichung von x : } S = \sqrt{S^2}$$

Standardabweichung von y analog x

2. Die Untersuchung der Abhängigkeit zwischen zwei Größen wurde mit Hilfe der Korrelationsrechnung durchgeführt. Als zu untersuchende Größen lagen hier als Einzelwerte pro Fall x = Summe der Schneidezahnbreiten jedes Patienten und y = Breitensumme der seitlichen Ersatzzähne jedes Patienten vor. Die Summe der Schneidezahnbreiten errechnete sich aus der Breite der vier oberen Incisivi. Als Breitensumme der seitlichen Ersatzzähne (Stützzone) galt der mittlere Summenwert, der sich aus den Breitensummen von Eckzähnen und Prämolaren beider Kieferseiten im Ober- und Unterkiefer ergab. Sowohl x als auch y stellen eine kennzeichnende Größe für das einzelne Individuum dar.

3. Bei der Übertragung der Meßergebnisse (Tabelle 3) in ein Koordinatensystem konnte man bereits aus der Verteilung der Punkte ersehen, daß x und y linear zusammenhängen. Fehlte jeglicher Zusammenhang, so würde die graphische Darstellung einen regellosen Punkteschwarm ergeben, d.h. zu jedem x -Wert gehörten mehrere y -Werte im gesamten möglichen Skalenbereich.

4. Ein rechnerisches Maß für einen linearen Zusammenhang stellt der Bravais Pearsonsche Korrelationskoeffizient r dar. Die Berechnung erfolgt nach der Formel:

$$\text{Korrelationskoeffizient } r = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_{xx} \cdot S_{yy}}} \quad ; \quad \begin{aligned} S_{xy} &= \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x}) = \\ &= \sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n} \\ S_{xx} &= \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \\ S_{yy} &\text{ analog } S_{xx} \end{aligned}$$

Ist der absolute Wert von $r = 1$, dann liegt vollständige lineare Abhängigkeit vor wie bei einer mathematischen Funktion; beträgt dagegen $r = 0$, so besteht kein, bzw. kein linearer Zusammenhang.

5. Die Null-Hypothese lautet: Der Wert des Korrelationskoeffizienten r der Grundgesamtheit, aus der die vorliegenden Fälle gewissermaßen eine Stichprobe sind, beträgt 0. Der tatsächlich bei den vorliegenden Fällen errechnete Korrelationskoeffizient stellt eine Zufallsabweichung des Null-Wertes der

Grundgesamtheit dar. Die Wahrscheinlichkeit für die Null-Hypothese wurde mittels einer Tafel für die Zufallshöchstwerte von r in Abhängigkeit von den sogenannten Freiheitsgraden (Zahl der Fälle - 2) in Koller⁽¹³⁾ Graphische Tafeln S.49 geprüft. Wenn die Wahrscheinlichkeit für das Zutreffen der Null-Hypothese gering ist (0,27 % oder weniger), so wird die Null-Hypothese verworfen. Man nimmt dann an, daß eine gesicherte statistische Beziehung zwischen der Größe x und der Größe y besteht. Die Wahrscheinlichkeit für das Zutreffen der Null-Hypothese bei ihrer Ablehnung nennt man Irrtumswahrscheinlichkeit (hier also $P \leq 0,27 \%$).

6. Die Signifikanz der Beziehung zwischen den von uns verwendeten Variablen x und y konnte gesichert werden. Damit ist eine Abhängigkeit zwischen den Größen x und y anzunehmen, jedoch nicht im Sinne einer mathematischen Funktion, da zu einem x -Wert mehrere y -Werte gehören können. Um trotz der Streuung zu einer einfachen Beziehung zwischen beiden Größen zu gelangen, wurde eine Regressionsgerade berechnet; sie paßt sich dem Schwarm der Beobachtungspunkte am besten an. Die Berechnung erfolgte nach der "Methode der kleinsten Quadrate", bei der die Summe der Abweichungsquadrate zwischen den einzelnen Meßwerten und den entsprechenden Werten auf der Geraden ein Minimum wird.

Die Formel für die Regressionsgerade lautet:

$$y_R = b x + a$$

$$\text{Regressionskoeffizient } b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$$

$$\text{Regressionskonstante } a = \bar{y} - b\bar{x}$$

(Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der Ordinate)

Mit Hilfe dieser Regressionsgleichung kann für jeden in Frage kommenden x-Wert der dazugehörige durchschnittliche y-Wert errechnet werden.

$$\begin{aligned} \text{Beispiel: } y_R &= bx + a & b &= 0,4071 \\ & & a &= 9,01 \\ & & x &= 29,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$y_R = 0,4071 \cdot 29,5 + 9,01$$

$$y_R = 21,0 \text{ mm}$$

Es würde sich bei einer Schneidezahnbreite von 29,5 mm für die Breite der Stützzone im Oberkiefer ein Wert von 21,0 mm ergeben.

7. Der y_R -Wert stellt gewissermaßen eine Punktschätzung dar. Infolge der Streuung wird dieser errechnete y_R -Wert jedoch in vielen Fällen über- bzw. unterschritten. Besonders die großen Schwankungen in der Prämolarenbreite der einzelnen Individuen sind für die Abweichungen von der Punktschätzung der Regressionsgeraden verantwortlich. Um diesen Gegebenheiten besser Rechnung zu tragen, war es zweckmäßig, neben der Punktschätzung auch eine Intervallschätzung durchzuführen. Das erfolgte zunächst nach der Formel

$$S_{y'} = \sqrt{\frac{(1 - r^2) S_{yy}}{n - 1}}$$

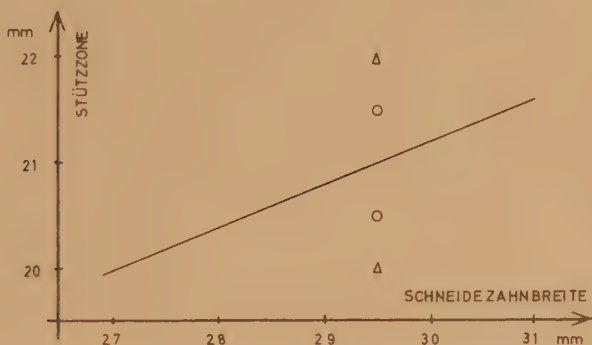
über die Standardabweichung der Einzelwerte um die Regressionsgerade.

8. In dem Bereich $y_R \pm s_y$ müßten theoretisch 68 % der Fälle liegen. Diese Annahme traf im vorliegenden Fall jedoch nicht zu. Deshalb wurde eine weitere Intervallschätzung auf folgende Weise durchgeführt:
 9. Nach Teilung der Abszisse in drei Abschnitte wurde für jeden Abschnitt die Varianz der graphisch ermittelten Abstände der Einzelwerte von der Regressionsgeraden errechnet. Bei Durchführung des F-Testes ergaben sich wesentliche Unterschiede zwischen den Varianzen dieser drei Abschnitte.
 10. Daher wurde für jeden Abschnitt als Klassenschwerpunkt der Durchschnittswert der x-Werte errechnet. Dieser Schwerpunkt wurde in die Regressionsformeln eingesetzt und daraus der entsprechende y_R -Wert errechnet. Bei diesem y_R -Wert wurden nach oben und unten die Beträge der einfachen und doppelten Standardabweichung der Abstände der Einzelwerte von der Regressionsgeraden eingezeichnet. Dabei erfaßt die einfache Standardabweichung 68 %, die doppelte Standardabweichung etwa 95 % aller Fälle.
- Die so gewonnenen Punkte stellen eine erste Annäherung an die gewünschte Intervallschätzung dar.

Beispiel: Für den Abschnitt 1 im Oberkiefer ergab sich bei 60 x-Werten von 26,84 mm bis 30,93 mm für
 $\bar{x} = 29,49$ mm
 $y_R = 21,00$ mm

Standardabweichung $s = 0,52 \text{ mm}$ $\circ$
 der Abstände der
 Einzelwerte von der
 Regressionsgeraden

doppelte Standard-
 abweichung $2s = 1,04 \text{ mm}$ Δ
 der Abstände der
 Einzelwerte von der
 Regressionsgeraden. (Skizze)



Für $x = 29,49 \text{ mm}$ und $y_p = 21,0 \text{ mm}$
 gibt die Intervallschätzung mit den
 Werten $21,0 \pm 0,52 \text{ mm}$ bzw. $21,0$
 $\pm 1,04 \text{ mm}$ den Bereich an, in dem
 68 % (einfache Standardabweichung)
 bzw. 95 % (doppelte Standardabweichung)
 der y -Werte liegen.

11. Außerdem wurde in jeder x -Klasse für die Abstände
 der Einzelwerte von der Regressionsgeraden die kumu-
 lierte Häufigkeitsverteilung errechnet und auf Wahr-
 scheinlichkeitspapier aufgetragen.

Beispiel: Für den Abschnitt 1 im Oberkiefer erga-
 ben sich nach Ordnung der Abstände vom
 größten Wert unterhalb bis zum größten
 Wert oberhalb der Regressionsgeraden
 folgende Häufigkeitsverteilungen:

Bis unter - 0,95 mm	Fall 1 =	1,67%
bis unter - 0,90 mm	Fall 1 =	1,67%
bis unter - 0,85 mm	Fall 2 =	3,33%
bis unter - 0,80 mm	Fall 5 =	8,33%
bis unter - 0,75 mm	Fall 7 =	11,66%

.

.

bis unter + 0,05 mm	Fall 30 =	50,00%
---------------------	-----------	--------

.

bis unter + 1,35 mm	Fall 60 =	100,00%
---------------------	-----------	---------

Nach Durchführung einer graphischen Kurvenausgleichung konnte mit Hilfe der so gewonnenen Geraden festgestellt werden, an welchen Abstandswerten 2,5% - 16% - 84% - 97,5% der Einzelwerte liegen. Diese Punkte entsprechen der theoretisch zu erwartenden einfachen und doppelten Standardabweichung der Abstände der Einzelwerte um die Regressionsgerade und stellen eine zweite Schätzung des Intervalls dar.

Beispiel: Im Oberkiefer ergeben sich für den Abschnitt 1 folgende Abstandswerte der kumulierten Häufigkeitsverteilung:

2,5%	1,00 mm
16,0%	0,54 mm
84,0%	0,41 mm
97,5%	0,98 mm

12. Die Mittelwerte der beiden in Abschnitt 10 und 11, also mit Hilfe der Varianzen und der kumulierten Häufigkeitsverteilung ermittelten Intervallschätzungen können zu oberhalb und unterhalb der Regressionsgeraden liegenden Kurven verbunden werden.
13. Da bei der in der Praxis üblichen Messung die Werte nur auf 0,5 mm genau abgelesen werden können, wurden die Grenzzonen nicht als Kurvenzug, sondern als Stufenlinien eingetragen.

14. Mit Hilfe der Graphik (Abb. 3 und 4) kann sowohl eine Punkt- als auch Intervallschätzung durchgeführt werden. Die Ergebnisse sind für Ober- und Unterkiefer getrennt in Tabelle 4 und 5 zusammengestellt.

Beispiel: Bei einer Schneidezahnbreite von 29,5 mm wurde für y_p ein Wert von 21,0 mm für die Breite der Stützzone im Oberkiefer errechnet. In der Graphik findet man als unteren und oberen Grenzwert für den Stützzonebereich, in dem 68% der Fälle liegen, die Werte 20,5 mm und 21,5 mm. Als unterer und oberer Grenzwert für den Bereich, der 97,5% der Fälle umfaßt, ergeben sich Stützzonewerte von 20,0 mm und 22,0 mm.

Resultate

Die Anwendung des in den vorhergehenden Abschnitten geschilderten Verfahrens führte zu folgenden Ergebnissen:

$$\begin{aligned} n &= 180 \\ \Sigma x &= 5\,772,50 \\ \bar{x} &= 32,06 \\ \Sigma x^2 &= 186\,376,75 \\ S_{xx} &= 1\,255,88 \\ s_x^2 &= 7,02 \\ s_x &= 2,65 \end{aligned}$$

x = Summe der Schneidezahnbreiten jedes Patienten
 y = durchschnittliche Breiten-summe der seitlichen Ersatzzähne jedes Patienten im Ober- und Unterkiefer.

Oberkiefer

$$\begin{aligned} \Sigma y &= 3\,969,65 \\ \bar{y} &= 22,06 \\ \Sigma y^2 &= 87\,839,0675 \\ S_{yy} &= 293,95 \\ s_y^2 &= 1,64 \\ s_y &= 1,28 \\ S_{xy} &= 511,34 \end{aligned}$$

Unterkiefer

$$\begin{aligned} \Sigma y &= 3\,880,45 \\ \bar{y} &= 21,55 \\ \Sigma y^2 &= 83\,995,6025 \\ S_{yy} &= 340,64 \\ s_y^2 &= 1,90 \\ s_y &= 1,38 \\ S_{xy} &= 555,66 \end{aligned}$$

Die Korrelationskoeffizienten werden

im Oberkiefer

$$\begin{aligned} r &= \frac{511,34}{\sqrt{1255,88 \cdot 293,95}} \\ &= 0,8415 \end{aligned}$$

im Unterkiefer

$$\begin{aligned} r &= \frac{555,66}{\sqrt{1255,88 \cdot 340,64}} \\ &= 0,8495 \end{aligned}$$

Die Regressionskoeffizienten werden

im Oberkiefer

$$\begin{aligned} b &= \frac{511,34}{1255,88} \\ &= 0,4071 \end{aligned}$$

im Unterkiefer

$$\begin{aligned} b &= \frac{555,66}{1255,88} \\ &= 0,4425 \end{aligned}$$

Die Regressionskonstanten werden

im Oberkiefer

$$\begin{aligned} a &= 22,06 - 0,4071 \cdot 32,06 \\ &= 9,01 \end{aligned}$$

im Unterkiefer

$$\begin{aligned} a &= 21,55 - 0,4425 \cdot 32,06 \\ &= 7,36 \end{aligned}$$

Nach Teilung der Abszisse in drei Abschnitte und Ermittlung der Abstände der Einzelwerte von der Regressionsgeraden ergaben sich folgende Werte:

	<u>Oberkiefer</u>	<u>Unterkiefer</u>
n = 60		
Abschnitt 1	$\bar{x} = 29,49$	$\bar{x} = 29,42$
	Syy = 15,7681	Syy = 15,1403
	$s_y^2 = 0,2672$	$s_y^2 = 0,2566$
	$s_y = 0,5169$	$s_y = 0,5065$
Abschnitt 2	$\bar{x} = 32,16$	$\bar{x} = 32,17$
	Syy = 26,3524	Syy = 32,6778
	$s_y^2 = 0,4466$	$s_y^2 = 0,5538$
	$s_y = 0,6682$	$s_y = 0,7443$
Abschnitt 3	$\bar{x} = 34,50$	$\bar{x} = 34,42$
	Syy = 18,3993	Syy = 18,8260
	$s_y^2 = 0,3118$	$s_y^2 = 0,3190$
	$s_y = 0,5584$	$s_y = 0,5648$

Nach Errechnung der kumulierten Häufigkeitsverteilung für die Abstände der Einzelwerte von der Regressionsgeraden ergaben sich auf Wahrscheinlichkeitspapier folgende Abstandswerte:

	<u>Oberkiefer</u>		<u>Unterkiefer</u>
Abschnitt 1	2,5%	1,00 mm	1,11 mm
	16,0%	0,54 mm	0,59 mm
	84,0%	0,41 mm	0,48 mm
	97,5%	0,98 mm	0,99 mm
Abschnitt 2	2,5%	1,20 mm	1,46 mm
	16,0%	0,60 mm	0,70 mm
	84,0%	0,66 mm	0,77 mm
	97,5%	1,28 mm	1,48 mm
Abschnitt 3	2,5%	1,07 mm	1,17 mm
	16,0%	0,52 mm	0,61 mm
	84,0%	0,59 mm	0,56 mm
	97,5%	1,13 mm	1,12 mm

Abb. 3
 Graphische
 Darstellung
 der Meßergeb-
 nisse des
 Oberkiefers
 (Beschreibung
 im Text).

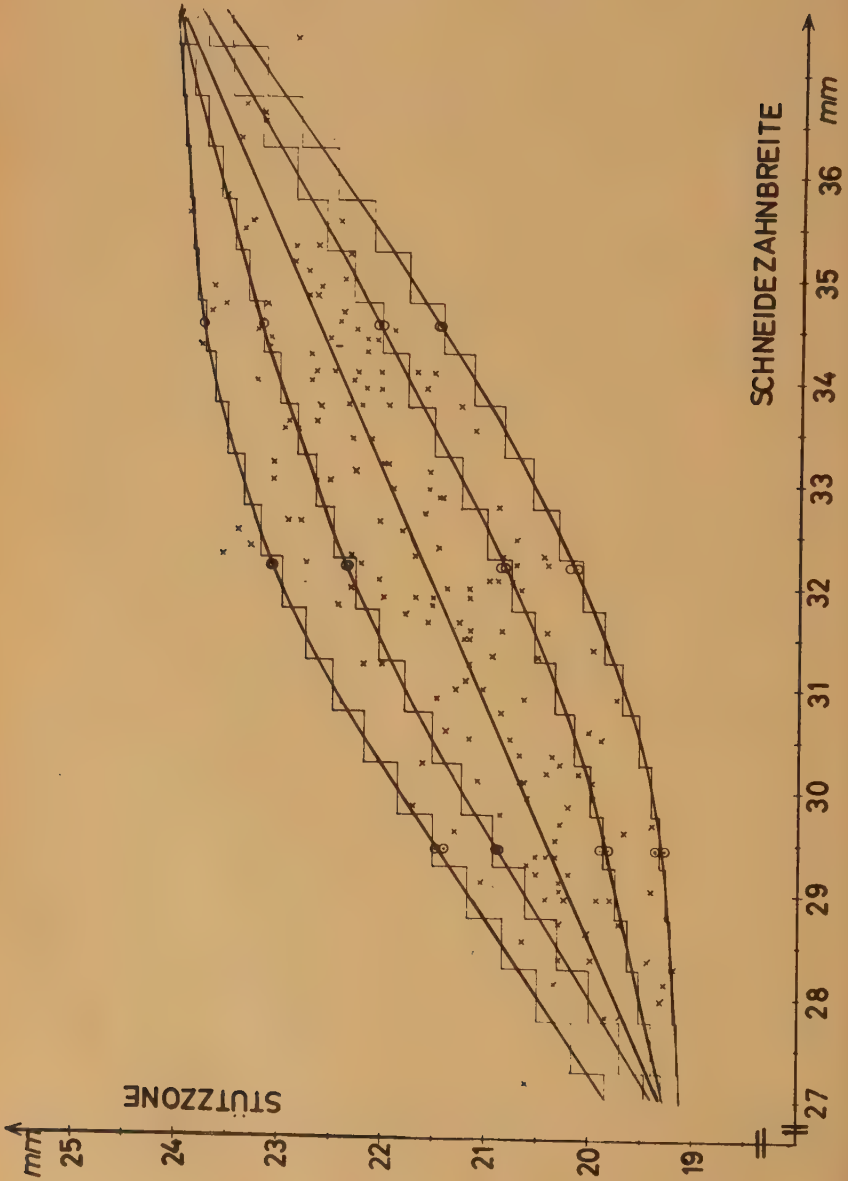


Abb. 4

Graphische
Darstellung
der Meßergeb-
nisse des
Unterkiefers
(Beschreibung
im Text).

33

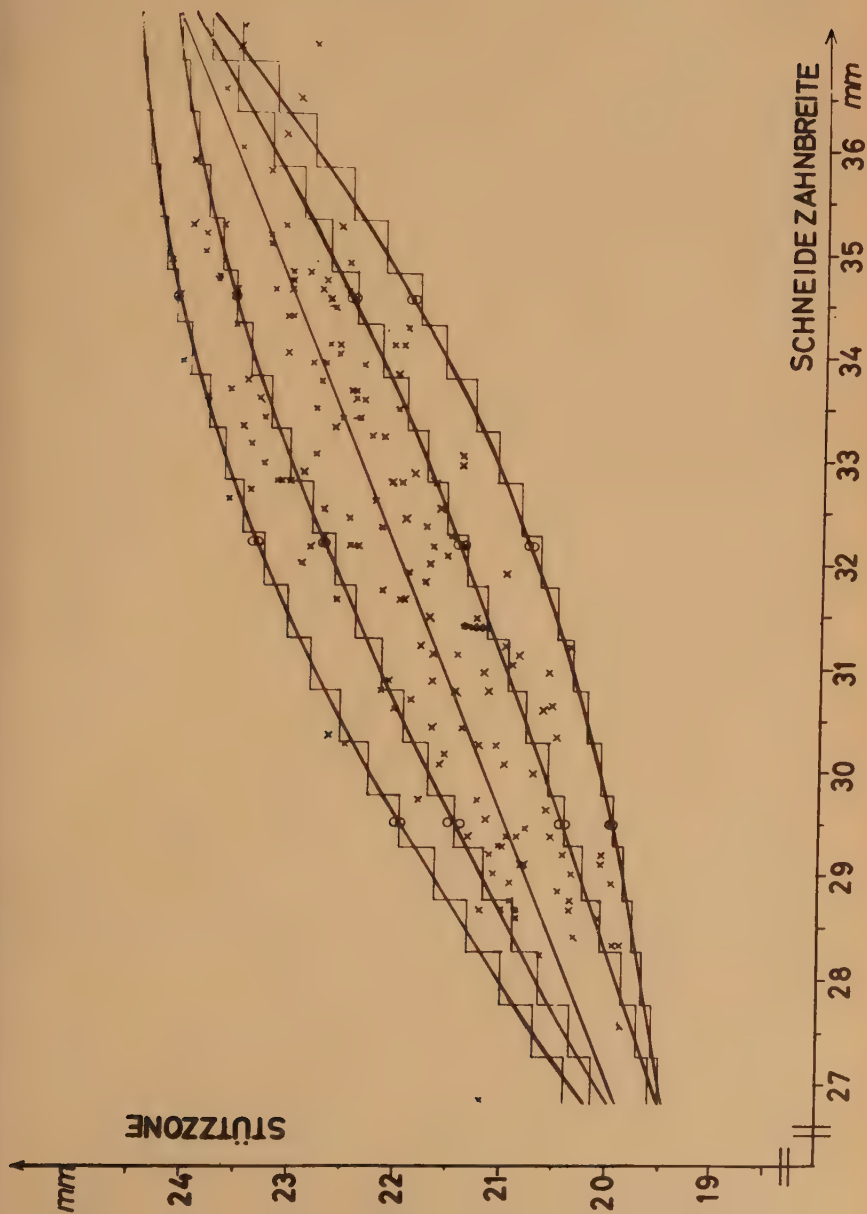


Tabelle 4

Gemessene Schneide- zahnbreite	Errechnete Stützzonen- breite y_R im OK	Oberer und unterer Grenzwert für die Stützzonenschätzung, in deren Bereich etwa 68% der Fälle liegen.		Oberer und unterer Grenzwert für die Stützzonenschätzung, in deren Bereich etwa 95% der Fälle liegen.	
		unterer Grenzwert	oberer Grenzwert	unterer Grenzwert	oberer Grenzwert
28,0	20,4	19,9	20,7	19,7	21,1
28,5	20,6	20,1	21,0	19,8	21,4
29,0	20,8	20,3	21,2	19,9	21,7
29,5	21,0	20,5	21,5	20,0	22,0
30,0	21,2	20,6	21,8	20,1	22,3
30,5	21,4	20,8	22,0	20,3	22,6
31,0	21,6	21,0	22,2	20,4	22,9
31,5	21,8	21,2	22,5	20,5	23,1
32,0	22,0	21,4	22,7	20,7	23,3
32,5	22,2	21,6	22,9	20,9	23,5
33,0	22,4	21,8	23,1	21,2	23,7
33,5	22,6	22,0	23,3	21,4	23,9
34,0	22,8	22,3	23,5	21,7	24,0
34,5	23,0	22,5	23,6	21,9	24,2
35,0	23,3	22,8	23,8	22,2	24,3
35,5	23,5	23,0	23,9	22,6	24,4
36,0	23,7	23,3	24,0	22,9	24,5

Tabelle 5

Gemessene Schneide- zahnbreite	Errechnete Stützzonen- breite y_R im UK	Oberer und unterer Grenzwert für die Stützzonenschätzung, in deren Bereich etwa 68% der Fälle liegen.		Oberer und unterer Grenzwert für die Stützzonenschätzung, in deren Bereich etwa 95% der Fälle liegen.	
		unterer Grenzwert	oberer Grenzwert	unterer Grenzwert	oberer Grenzwert
28,0	19,8	19,6	20,0	19,2	20,5
28,5	20,0	19,7	20,3	19,2	20,8
29,0	20,2	19,8	20,6	19,3	21,2
29,5	20,4	19,9	20,9	19,3	21,5
30,0	20,6	20,0	21,2	19,4	21,9
30,5	20,9	20,2	21,5	19,5	22,2
31,0	21,1	20,4	21,8	19,7	22,5
31,5	21,3	20,6	22,1	19,9	22,8
32,0	21,5	20,8	22,3	20,1	23,0
32,5	21,8	21,0	22,5	20,3	23,2
33,0	22,0	21,3	22,7	20,6	23,4
33,5	22,2	21,5	22,9	20,9	23,5
34,0	22,4	21,8	23,0	21,2	23,6
34,5	22,6	22,1	23,2	21,5	23,7
35,0	22,9	22,3	23,4	21,8	23,8
35,5	23,1	22,6	23,5	22,1	23,9
36,0	23,3	22,9	23,6	22,5	23,9

Diskussion der Ergebnisse

Im ersten Teil der Untersuchung wird durch den Nachweis versehrter und eingebrochener Stützzonen im Seitenbereich der Zahnreihen die Häufigkeit kariöser Defekte an den Milchzähnen festgestellt und damit auf die Häufigkeit eines ursächlichen Zusammenhanges bei der Entstehung abwegiger Gebißentwicklungen hingewiesen.

Außer der Bestätigung der Mitteilungen von Pazurek⁽²²⁾, Hanke⁽⁶⁾ und Borgmann⁽³⁾ ist besonders der Kariesbefall in drei und vier Kieferabschnitten auffällig. Unter Berücksichtigung der schon vorhandenen Berichte über die allgemeine Kariesfrequenz kann auf die statistische Sicherung der gefundenen Werte verzichtet werden. Sie würde auch eine Ausweitung der Untersuchungen auf kariesfreie Gebisse voraussetzen, die nur als Wiederholung bereits durchgeführter Untersuchungen bewertet werden könnte. Bemerkenswert ist jedoch das Ausmaß des Raumverlustes als Folge der verlorenen Abstützung, die allein die beste Gewähr für eine regelrechte Entwicklung bietet. Bei den 4 000 kontrollierten Kieferabschnitten fanden sich unter Zugrundelegung des Mittelwertes von 22,0 mm für die Stützzone 407 mal Einbußen von 1/2 Prämolarenbreite und mehr (s. Abb. 2) . Erfahrungsgemäß lassen sich hochgradige Lückeneinengungen nur unter günstigen Voraussetzungen auf

kieferorthopädischem Wege beseitigen. In vielen Fällen ist eine Verminderung der Zahnzahl bleibender Zähne erforderlich. Insofern sind die Anhäufung und das Ausmaß des Raumverlustes für die Befunderhebung und die anschließende Therapie von Bedeutung.

Im zweiten Teile der Untersuchung folgte eine auf Anraten des Institutes für Med. Statistik und Dokumentation der Universität Mainz durchgeführte Untersuchung mit dem Ziel, die vermutete Abhängigkeit von Schneidezahnbreite und Breite der Eckzähne und Prämolaren statistisch zu sichern. Hierbei wurden zunächst in 720 Kieferabschnitten Werte von 19,05 - 24,95 mm im Oberkiefer und von 18,55 - 24,80 mm im Unterkiefer festgestellt, die eine Abhängigkeit zur kleineren und größeren Schneidezahnbreite erkennen ließen. Da aber innerhalb eines Zahnbogens zwischen den Breiten der einzelnen Zähne individuelle Schwankungen auftreten können, fanden sich viele Fälle, bei denen das Verhältnis dem errechneten Mittelwert nicht entsprach. Eine Erfassung auch dieser Fälle wurde auf dem Wege der Intervallschätzung durchgeführt und in Form der graphischen Darstellung registriert (Abb.3 und 4). Hier sind neben der Mittelwertgeraden vier Kurven eingezeichnet, welche nach oben und unten die Bereiche abgrenzen, in denen 68% bzw. 95% aller Meßwerte liegen. Davon ausgehend wurden die Werte für die Stützzone im Oberkiefer und Unterkiefer in Abhängigkeit von der

Breitensumme der oberen Schneidezähne bestimmt. Die Werte sind in Tabelle 4 und 5 zusammengefaßt. Die den graphischen Darstellungen entnommenen Meßwerte bestätigen die ursprüngliche Vermutung, daß die Ausmaße für die Stützzone -abhängig von der Breitensumme der oberen Incisivi- größeren Schwankungen unterworfen sind. Das bisher verwandte Richtmaß für die Stützzone im Oberkiefer und Unterkiefer, das von A.M. Schwarz mit 22,0 mm angegeben wurde, trifft nur für die SI von 32,0 mm zu. Weicht die Breitensumme der oberen Incisivi von diesem Wert ab, so ist eine Veränderung des Ausmaßes entsprechend den oben aufgeführten Tabellen zu erwarten. Die graphische Darstellung zeigt in der Übersicht eindeutig den ansteigenden Meßwert der Stützzone bei größer werdender Schneidezahnbreite. Im Bereich des errechneten Mittelwertes liegt allerdings nur eine kleine Zahl der Markierungen. Der größte Teil befindet sich im anliegenden Bezirk oberhalb und unterhalb der Mittelwertgeraden, der von zwei erst divergierend und dann wieder konvergierend verlaufenden Kurven begrenzt ist.

Außerhalb dieser Begrenzung wird in einem etwa gleich großen Meßbezirk die Zahl der Markierungen wieder kleiner und noch weiter von der Mittelwertgeraden entfernt gibt es nur wenige Fälle, die jeder Regel entgegenlaufend zu bewerten sind. Weiterhin gibt die Aufzeichnung zu erkennen, daß jede Gruppe untere

und obere Grenzwerte der Stützzonen enthält. Sie differieren in der Mehrzahl um 1,5 mm, teilweise bis 2,5 mm. Hieraus läßt sich für die kieferorthopädische Befunderhebung der Hinweis ableiten, daß eine regelrechte und konstante Beziehung zwischen SI-Werten und dem Breitenmaß der seitlichen Ersatzzähne nicht besteht. Die generelle Verwendung eines Mittelwertes schließt somit das Risiko eines Fehlurteils ein. Mehr als 50% der Fälle beanspruchen nämlich einen größeren Raum als der errechnete Mittelwert angibt.

In praxi sind es die Fälle, bei denen nach Außerachtlassung des größeren Raumbedarfes ein sagittaler Engstand des seitlichen Zahnbogens im Sinne des Eng- und Preßstandes entsteht. Jeder fehlende Millimeter an Raum verursacht die typischen Bilder der Dislokation mit Vermehrung der zur Karies führenden Prädilektionsstellen. Ebenso erleidet dadurch das ganze Gebiß statische und funktionelle Beeinträchtigungen.

Zur Vermeidung fehlerhafter Einschätzungen des Raumbedarfs ist es also notwendig, den höher liegenden Grenzwerten Beachtung zu schenken. Nach Ausschluß der extremen Grenzwerte fanden sich 84 % im Bereich der annähernd symmetrisch verlaufenden Begrenzung. Aus den oberen Grenzwerten dieser überwiegenden Zahl läßt sich eine Tabelle ableiten, die eine nahezu risikolose Vorausbestimmung des

Raumbedarfs für den Eckzahn und die beiden Prämolaren, die erst 4 - 6 Jahre nach Durchbruch der Incisivi in der Mundhöhle erscheinen, ermöglicht. Allenfalls zeigt der Tabellenwert einen geringen Raumüberschuß an, der für die ungehinderte Einstellung der Seitenzähne mehr Vorteile als Nachteile bietet.

Tabelle 6

Schneidezahnbreite	28,0	29,0	30,0	31,0	32,0	33,0	34,0	35,0	36,0
Stützzone im OK	20,7	21,2	21,8	22,2	22,7	23,1	23,5	23,8	24,2
Stützzone im UK	20,0	20,6	21,2	21,8	22,3	22,7	23,0	23,4	23,8

Für die verbleibenden 16 % ist der Grundsatz

" keine Regel ohne Ausnahme " anzuwenden.

Bemerkenswert ist noch die durch die Untersuchung erwiesene Feststellung des Unterschiedes der Meßwerte im Ober- und Unterkiefer, die für die exakte Verschlüsselung der Antagonisten von Bedeutung ist.

Zusammenfassung.

Die vorliegende Arbeit verfolgte das Ziel, durch eine Untersuchung an 1 000 Kieferabgüssen von Patienten der kieferorthopädischen Abteilung die sog. Stützzone der 4 Kieferabschnitte zu untersuchen und für die Befunderhebung eine Vorausbestimmung des Raumbedarfs der im Kiefer angelegten, aber noch nicht durchgebrochenen Ersatzzähne im Seitengebiet (Eckzahn und zwei Prämolaren) zu ermöglichen.

Der Untersuchung ging die Beobachtung voraus, daß die von A.M. Schwarz als Mindestmaß mit 22 mm angegebene Stützzone, gemessen von der distalen Fläche des seitlichen Schneidezahnes bis zur Mesialfläche des ersten Molaren, in den meisten Fällen nicht ausreicht.

Nach Erläuterung des Begriffes " Stützzone " , die vom Milcheckzahn und dem 1. und 2. Milchmolaren gebildet wird, wurde zunächst anhand der Kieferabgüsse und Röntgenaufnahmen festgestellt, wie hoch der Anteil der unversehrten, versehrten und eingebrochenen Stützzonen zu verzeichnen war. Dabei stellte sich heraus, daß bei den untersuchten 1 000 Kindern nur 143 Patienten unversehrte Stützzonen in allen Kieferabschnitten besaßen. 857 mal waren die Stützzonen durch Karies

oder unterminierende Resorption versehrt oder eingebrochen. Die große Zahl der z. T. beträchtlichen Raumverluste geben ein anschauliches Bild für die Notwendigkeit der Stützzonenerhaltung sowie erforderlichenfalls der Wiederherstellung auf konservativem Wege. Wo dies nicht möglich ist, müssen durch kieferorthopädische Behandlung die eingeengten Lücken wieder auf das notwendige Maß erweitert werden.

Dieser notwendige Raumbedarf, der bislang nur annähernd geschätzt werden konnte, sollte durch eine weitere Untersuchung näher bestimmt werden. Nachdem sich für die kieferorthopädische Befunderhebung zur Bestimmung der Zahnbogenbreite und -länge der Pont'sche Index mit gewissen Schwankungen bewährt hat, wurde versucht, eine Beziehung zwischen Stützzone und SI des Oberkiefers (Breitensumme der vier Incisivi) zu finden.

Zu diesem Zweck wurden Kieferabgüsse mit bereits durchgebrochenen Seitenzähnen und verschiedener SI ausgewählt. Die Auswahl reichte von der SI 28 - 36 mm, insgesamt 9 Gruppen zu je 20 Kieferabgüssen. Damit stand eine Zahl von 180 Kieferabgüssen mit je 4 Kieferabschnitten zur Verfügung, um die SI und die dazugehörige Breite der seitlichen Ersatzzähne mit einer Meßgenauigkeit von 1/10 mm festzustellen.

Mit Unterstützung des Institutes für Medizinische Statistik und Dokumentation der Universität Mainz wurden anschließend mit den registrierten Werten eine Korrelationsrechnung und Intervallschätzungen durchgeführt und das Ergebnis in Form einer graphischen Darstellung zusammengestellt. Das Resultat der Untersuchung ergab, daß

- 1.) eine Relation zwischen SI und der Breite der seitlichen Ersatzzähne besteht,
- 2.) der von A.M. Schwarz angenommene Mindestwert von 22 mm für die Mehrzahl der Fälle nicht ausreicht und
- 3.) eine Tabelle aufgestellt werden konnte, die eine nahezu risikolose Vorausbestimmung des erforderlichen Raumes für etwa 84 % der Fälle sicherstellt.

In Anbetracht der bisherigen Unsicherheit bei Einschätzung des Raumbedarfs verspricht die aufgestellte Tabelle eine brauchbare Hilfe für die kieferorthopädische Befunderhebung zu werden.

Schrifttum

1. Angle, E. Die Okklusionsanomalien der Zähne
Berlin 1913 S.159
2. Birkenhoven, R. Beziehung der Schneidezahnbreiten
zueinander und zur Gesichtsbreite
Med.Diss.Mainz 1955
3. Borgmann, H. Möglichkeiten einer vorbeugenden
Gesundheitspflege auf dem Gebiete
der Kieferorthopädie
Zahnärztekalendar 22(1963)90
4. Grünberg, J. Das Symmetroskop
Österr.-ung.Vjschr.Zahnhk.27(1911)169
5. Häupl, K. Kieferorthopädie
Zahnärztl.Student.Fachbücherei Bd.4
Berlin 1959 S.40
6. Hanke, K.P. Wie ist der Zustand der Zähne unse-
rer kleinsten Patienten?
Zahnärztl.Praxis 13(1962)169
7. Hanuschke, M. Verhältnis der oberen zu den unte-
ren Schneidezahnbreiten
Med.Diss.Mainz 1953
8. Harth, G. Biometrische Untersuchungen über die
Dimensionen des Normalgebisses in
verschiedenen Lebensaltern
Dtsch.Mschr.Zahnhk.48(1930) 1537
9. Hawley, C.A. Die Bestimmung des normalen Kiefer-
bogens und seine Anwendung in der
Orthodontie
Zschr.zahnärztl.Orthod.1(1907)113
10. Herber, C. Die Konstruktion des normalen Kiefers
Zschr.zahnärztl.Orthod.1(1907)129

11. Herbst, E. Bestimmung des normalen oberen Zahn-
bogens vor Beginn der Behandlung
einer Anomalie
Dtsch.zahnärztl.Wschr.10(1907)699
12. Jung, F. Über die Beziehungen der oberen und
unteren Schneidezahnbreiten zur
Tiefe des Überbisses
Fortschr.Kieferorth.17(1956)217
13. Kantorowicz, A. Vereinfachung und Erweiterung der
Pont'schen Tabelle
Fortschr.Kieferorth.18(1957)101
14. Koller, S. Graphische Tafeln zur Beurteilung
statistischer Zahlen
Leipzig 1943 S.9,48
15. Körbitz, A. Neue Gesichtspunkte zur diagnosti-
schen Beurteilung unregelmäßiger
Zahnbögen
Zschr.zahnärztl.Orthod.3(1909)266
16. Korkhaus, G. Handbuch der Zahnheilkunde Bd.4
München 1939 S.107,269,298,382,687
17. Korkhaus, G. Orthometer
Fortschr.Orthodontik 1(1931)302
18. Korkhaus, G. Dreidimensionale Modellanalyse
Fortschr.Zahnhk.8(1932)719
19. Linder, A. Statistische Methoden für Naturwis-
senschafter, Mediziner und Ingenieure
Basel 1945 S.11
20. Linder, A. Biometrische Untersuchungen des Nor-
malgebisses in verschiedenen Lebens-
altern
Fortschr.Orthodontik 1(1931)22
21. Nawrath, K. Über den Mesialstand von Seitenzähnen
Zahnärztl.Welt/Reform 59(1958)649

22. Pazurek, St. Der Kariesbefall bei den Kindern des
Geburtsjahrganges 1953
Zahnärztl.Mitt.51(1961)10
23. Pont, A. Der Zahn - Index in der Orthodontie
Zschr.zahnärztl.Orthop.3(1909)306
24. Rauen, H.M. Biochemisches Taschenbuch
Berlin Göttingen Heidelberg 1956
S.1188,1228
25. Reichenbach/
Brückl Kieferorthopädische Klinik und Therapie
Leipzig 1962 S.138
26. Rethmann, H. Die Rekonstruktion des deformierten
Zahnbogens
Dtsch.zahnärztl.Zschr.5(1950)1183
27. Schwarz, A.M. Lehrgang der Gebißregelung Bd.1
Wien Innsbruck 1951 S.531,533
28. Schwarz, A.M. Folgen von Zahnverlust während der
Gebißentwicklung
Fortschr.Kieferorthop.19(1958)97
29. Tonn, P. Über die mesio - distalen Zahnbreiten-
Relationen der Zähne des Oberkiefers
zu denen des Unterkiefers bei norma-
ler und anormaler Okklusion
Med.Diss.Berlin 1937

Lebenslauf

Am 1.10.1938 wurde ich in Dankmarshausen/Werra geboren. Meine Eltern sind der Arzt Dr. Peter Berendonk und seine Ehefrau Helga geb. Dade. Von 1944 bis 1952 besuchte ich die dortige Grundschule, von 1952 bis 1954 die Adolf Reichwein-Oberschule in Jena und von 1954 bis 1956 die Ernst Abbe-Oberschule in Eisenach. Dort bestand ich im Mai 1956 die Reifeprüfung. Anschließend studierte ich an der Friedrich Schiller-Universität in Jena Zahnmedizin und legte 1957 das Vorphysikum ab. Nach Übersiedelung in die Bundesrepublik im Dezember 1958 setzte ich im Sommersemester 1959 das Studium an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz fort. Im April 1960 bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung. Nach klinischem Studium in Würzburg und Mainz legte ich im August 1963 die zahnärztliche Prüfung ab.

Seit 1.10.1963 bin ich als Assistentin in der Kieferorthopädischen Abteilung der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten in Mainz tätig.

Am Schluß meiner Arbeit möchte ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Priv.-Doz. Dr.K.Nawrath für die Überlassung des Themas und seine freundliche Unterstützung recht herzlich danken.

Herrn Prof. Dr.F. Jung danke ich für seine Mühen als Korreferent.

Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr.Dr.S. Koller und seinen Mitarbeitern für die Hilfe bei der statistischen Auswertung.

